

МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ И НАУКИ РФ

Федеральное государственное автономное
образовательное учреждение высшего образования
«Национальный исследовательский университет ИТМО»

ФАКУЛЬТЕТ ПРОГРАММНОЙ ИНЖЕНЕРИИ И КОМПЬЮТЕРНОЙ ТЕХНИКИ

ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА №3

по дисциплине
‘Компьютерные сети’

Выполнил:

Студент группы Р33312

Соболев Иван

Александрович

Преподаватель:

Алиев Тауфик Измайлович



УНИВЕРСИТЕТ ИТМО

Санкт-Петербург, 2024

Постановка задачи и исходные данные

Изучение принципов настройки и функционирования компьютерных сетей, представляющих собой несколько подсетей, связанных с помощью маршрутизаторов, процессов автоматического распределения сетевых адресов, принципов статической маршрутизации и динамической маршрутизации, а также передачи данных на основе протоколов UDP и TCP.

Вариант	Количество компьютеров в ...			Класс IP-адресов
	сети 1 (N1)	сети 2 (N2)	сети 3 (N3)	
17	3	2	2	A

Таблица 1: Вариант ЛР

Сформированные 4 байта IP-адресов для использования в ЛР ($\Phi=6$, $I=4$, $O=13$, $H=12$):

- Класс A: 18.16.25.10

В работе должен быть сформирован и использоваться в дальнейшем пул последовательных IP-адресов, представляющий собой множество адресов, начинающееся с полученного выше значения, размер которого достаточен для адресации всех интерфейсов сети.

Выполнение

Сеть с одним маршрутизатором (вариант В1)

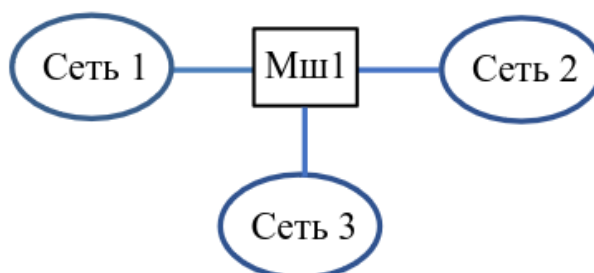


Рисунок 1: Вариант 1 построения КС

Этап 1. Построение и настройка сети с маршрутизатором.

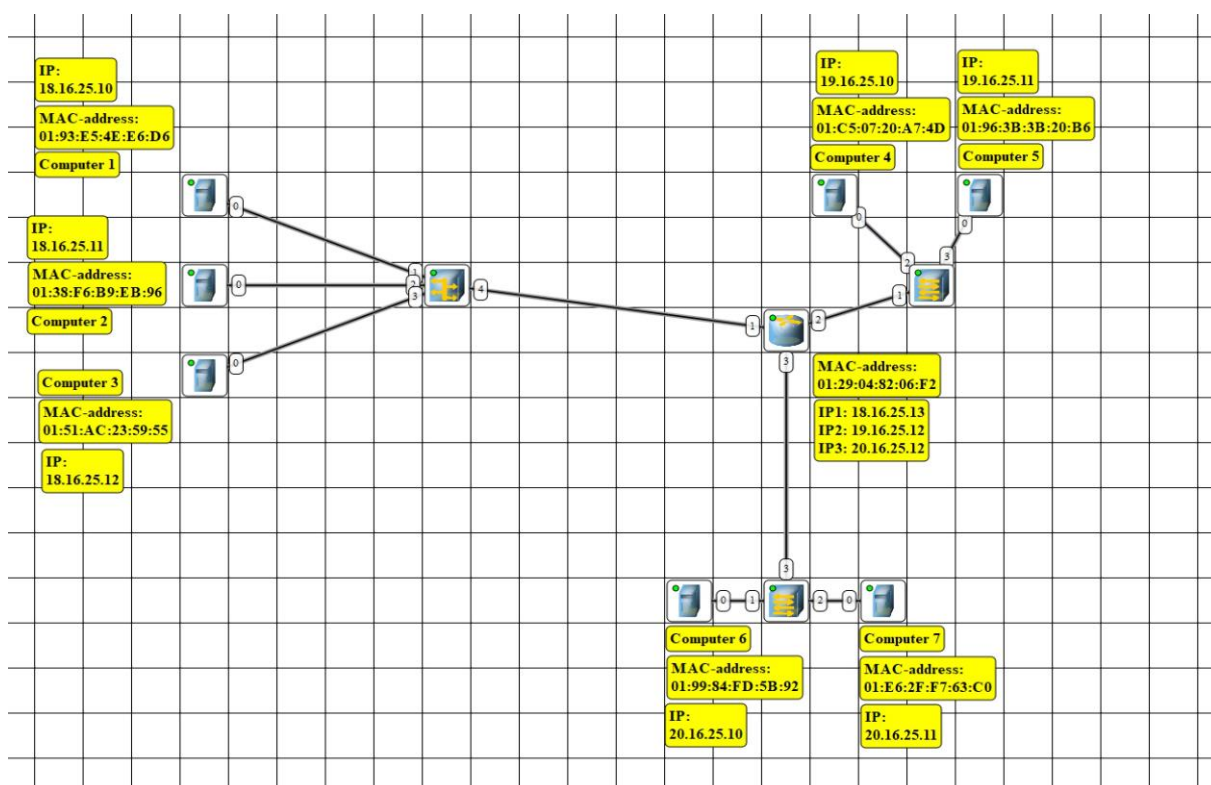


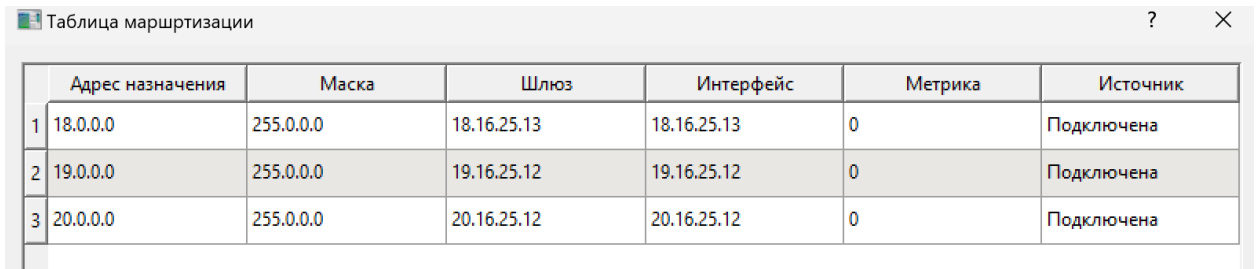
Рисунок 2: Построенная сеть с одним маршрутизатором: В1

Таблица маршрутизации					
	Адрес назначения	Маска	Шлюз	Интерфейс	Метрика
1	18.0.0.0	255.0.0.0	18.16.25.10	18.16.25.10	0
2	0.0.0.0	0.0.0.0	18.16.25.13	18.16.25.10	0

Рисунок 3 - Таблица маршрутизации K1

Таблицы маршрутизации – это правила для описания соответствия между адресами назначения и интерфейсами, через которые нужно отправить пакет данных. Каждая запись в таблице формируется при изменении/назначении нового IP-адреса компьютеру. В таблице есть также адрес 0.0.0.0 – или адрес «по умолчанию», то есть если мы хотим отправить пакет данных компьютеру с неизвестным нашей подсети IP-адресом, мы отправим пакет по адресу по умолчанию.

Интереснее обстоит картина с таблицей маршрутизации маршрутизатора:



	Адрес назначения	Маска	Шлюз	Интерфейс	Метрика	Источник
1	18.0.0.0	255.0.0.0	18.16.25.13	18.16.25.13	0	Подключена
2	19.0.0.0	255.0.0.0	19.16.25.12	19.16.25.12	0	Подключена
3	20.0.0.0	255.0.0.0	20.16.25.12	20.16.25.12	0	Подключена

Рисунок 4 - Таблица маршрутизации маршрутизатора

Здесь мы можем увидеть все три интерфейса для коммуникации с каждой из подсетей.

Столбцы таблицы маршрутизации:

- Адрес назначения: IP адрес подсети назначения
- Маска сети
- Шлюз: IP, по которому можно достичь подсеть
- Интерфейс: IP локальный адрес, по которому достигается шлюз
- Метрика: число, характеризующее цену использования данного маршрута

Ниже представлены некоторые скриншоты, описывающие настройку данной сети.

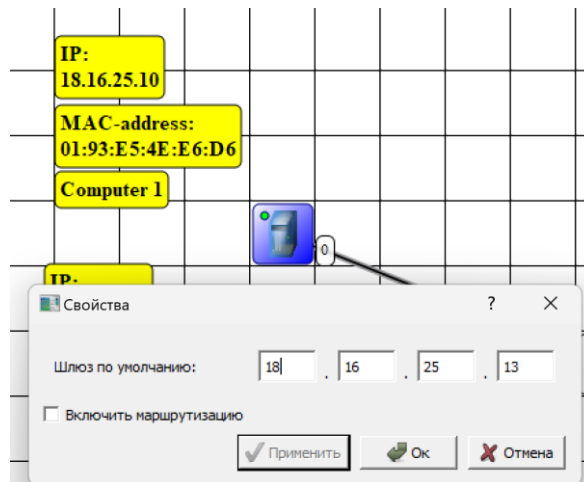


Рисунок 5: Заданный шлюз по умолчанию для K1: B1

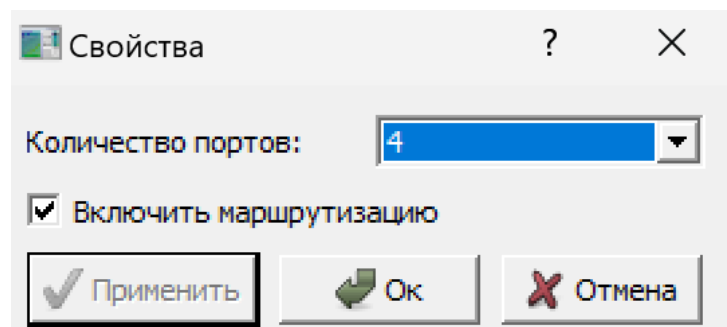


Рисунок 6 Настройки маршрутизатора 1: B1

Этап 2. Тестирование сети (отправка пакетов).

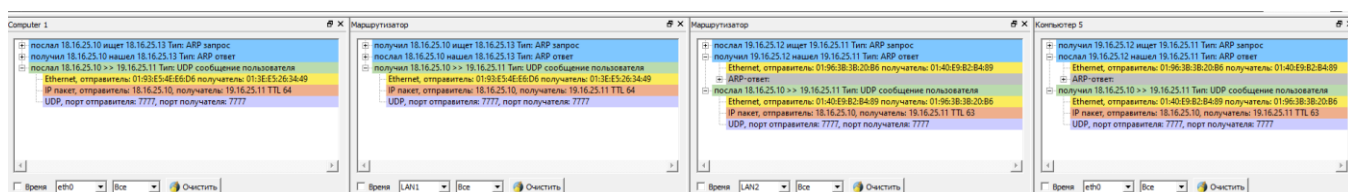


Рисунок 7 - Отправка UDP сообщения от K1 до K5

Полный цикл отправки UDP запроса:

- Компьютер узнает MAC адрес маршрутизатора, для этого отправляя ARP запрос и получает ответ.

- Компьютер посылает пакет, при этом в кадре ethernet в качестве получателя установлен не MAC адрес компьютера-получателя, а маршрутизатора, LAN-1.
- Маршрутизатор посылает ответ на компьютер-получатель (предварительно до этого узнав его MAC адрес), при этом в качестве MAC адреса отправителя указывает адрес сетевой карточки маршрутизатора, а получателя — MAC адрес компьютера (его сетевой карточки).

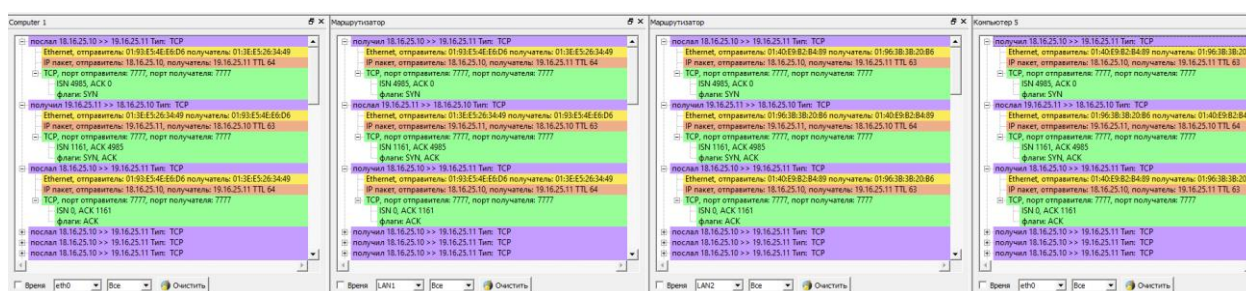


Рисунок 8 - Отправка TCP сообщения от K1 до K5

Механизм передачи по сети остается таким же. Сначала мы посылаем пакет данных с Ethernet и IP пакетами с пакетом TCP. В нем проставлен флаг SYN (таким образом так “Компьютер 1” высказывает намерение установить соединение с “Компьютер 5”). ISN – номер первого передаваемого байта (алгоритмически высчитанное случайное число). Нужен, чтобы не было одинаковых пакетов. Так как если номера пакетов совпадут – начнется неразбериха.

Далее “Компьютер 1” уже получает пакет от “Компьютер 5”, в котором зафиксирован новый ISN (дуплексная связь) и в качестве ACK уже наш сгенерированный до этого ISN. То есть таким образом “Компьютер 5” подтвердил готовность принять байт под номером ISN. Также выставлен флаг SYN – запрашивает разрешение на установление соединения и флаг ACK, подтверждающий, что запрашиваемое соединение от “Компьютер 1” он готов принять.

Далее мы снова посылаем TCP пакет, который уже говорит о том, что подтверждает соединение, запрашиваемое “Компьютер 5”. Таким образом, получается тройное рукопожатие.

Далее уже отправляются наши пакеты с информацией.

Ключевая разница при отправке сообщений по UDP и TCP с использованием маршрутизатора и без него заключается, на мой взгляд, в том, что нам напрямую недоступен компьютер другой подсети, мы знаем только его IP, с помощью механизма маршрутизации нам удастся выбрать нужное направление и донести информацию до адресата. Поэтому в журналах мы видим MAC-адрес не конечного узла, с которым обмениваемся, а MAC-адреса одного из интерфейсов маршрутизатора.

Сеть с двумя маршрутизаторами (вариант В2)



Рисунок 9: Вариант 2 построения КС

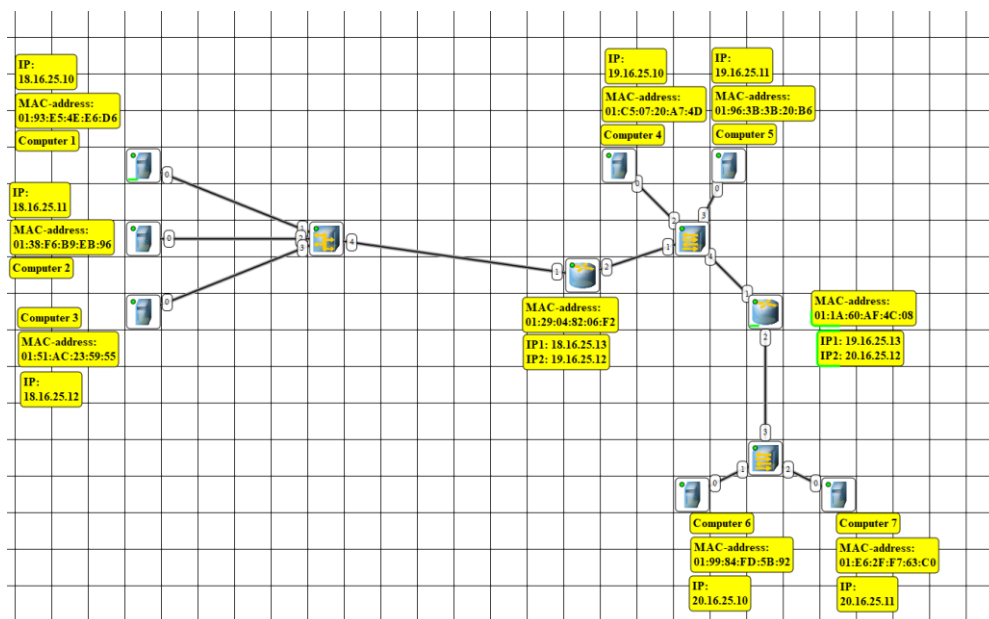


Рисунок 10: Построенная сеть с одним маршрутизатором: В1

Единственное отличие по сравнению с В1 заключается в том, что необходимо продумать какими путями пойдут пакеты от отправителей сети 2, так как она соединена с двумя маршрутизаторами. Поскольку нельзя изменять таблицу маршрутизации компьютеров, то выставим шлюз по умолчанию на один из смежных маршрутизаторов, чтобы затем от него пошел пакет в подсеть или отправился на другой маршрутизатор, а потом в подсеть.

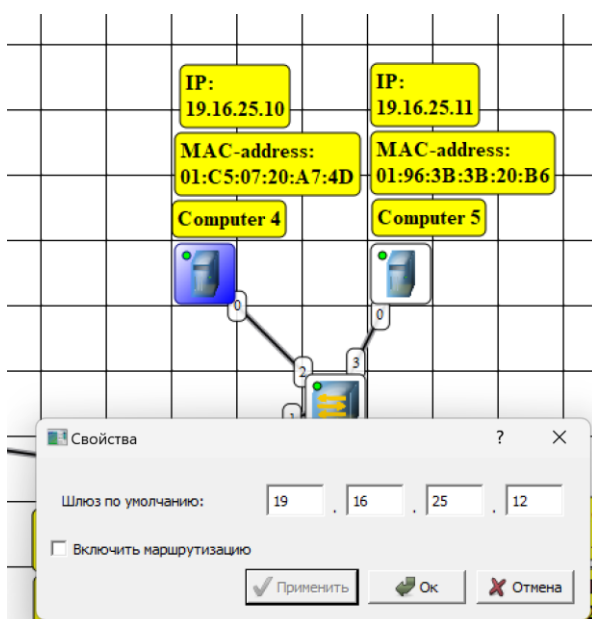


Рисунок 11 - Шлюз по умолчанию для компьютера 4

	Адрес назначения	Маска	Шлюз	Интерфейс	Метрика	Источник
1	18.0.0.0	255.0.0.0	18.16.25.13	18.16.25.13	0	Подключена
2	19.0.0.0	255.0.0.0	19.16.25.12	19.16.25.12	0	Подключена
3	0.0.0.0	0.0.0.0	19.16.25.13	19.16.25.12	0	Статическая

Рисунок 12 - Таблица маршрутизации M1

	Адрес назначения	Маска	Шлюз	Интерфейс	Метрика	Источник
1	19.0.0.0	255.0.0.0	19.16.25.13	19.16.25.13	0	Подключена
2	20.0.0.0	255.0.0.0	20.16.25.12	20.16.25.12	0	Подключена
3	0.0.0.0	0.0.0.0	19.16.25.12	19.16.25.13	0	Статическая

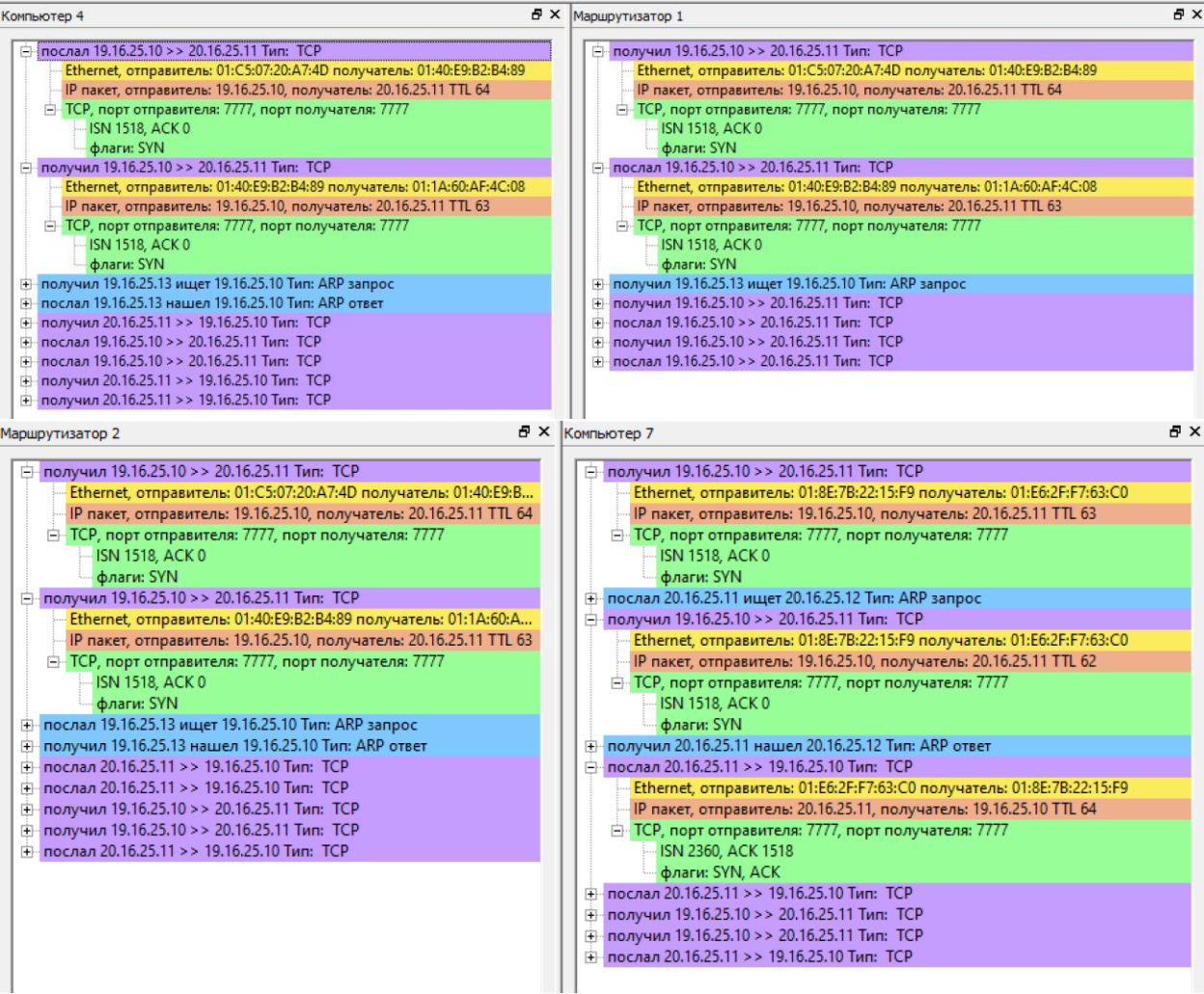
Рисунок 13 - Таблица маршрутизации M2

Продemonстрируем, какие узлы пройдет пакет из подсети 2 в подсеть 3 для UDP:

<p>Компьютер 4</p> <ul style="list-style-type: none"> послал 19.16.25.10 >> 20.16.25.11 Тип: UDP сообщение пользователя <ul style="list-style-type: none"> Ethernet, отправитель: 01:C5:07:20:A7:4D получатель: 01:40:E9:B2:B4:89 IP пакет, отправитель: 19.16.25.10, получатель: 20.16.25.11 TTL 64 UDP, порт отправителя: 7777, порт получателя: 7777 получил 19.16.25.10 >> 20.16.25.11 Тип: UDP сообщение пользователя <ul style="list-style-type: none"> Ethernet, отправитель: 01:40:E9:B2:B4:89 получатель: 01:1A:60:AF:4C:08 IP пакет, отправитель: 19.16.25.10, получатель: 20.16.25.11 TTL 63 UDP, порт отправителя: 7777, порт получателя: 7777 	<p>Маршрутизатор 1</p> <ul style="list-style-type: none"> получил 19.16.25.10 >> 20.16.25.11 Тип: UDP сообщение пользователя <ul style="list-style-type: none"> Ethernet, отправитель: 01:C5:07:20:A7:4D получатель: 01:40:E9:B2:B4:89 IP пакет, отправитель: 19.16.25.10, получатель: 20.16.25.11 TTL 64 UDP, порт отправителя: 7777, порт получателя: 7777 послал 19.16.25.10 >> 20.16.25.11 Тип: UDP сообщение пользователя <ul style="list-style-type: none"> Ethernet, отправитель: 01:40:E9:B2:B4:89 получатель: 01:1A:60:AF:4C:08 IP пакет, отправитель: 19.16.25.10, получатель: 20.16.25.11 TTL 63 UDP, порт отправителя: 7777, порт получателя: 7777
<p>Маршрутизатор 2</p> <ul style="list-style-type: none"> получил 19.16.25.10 >> 20.16.25.11 Тип: UDP сообщение пользова... <ul style="list-style-type: none"> Ethernet, отправитель: 01:40:E9:B2:B4:89 получатель: 01:1A:60:A... IP пакет, отправитель: 19.16.25.10, получатель: 20.16.25.11 TTL 63 UDP, порт отправителя: 7777, порт получателя: 7777 	<p>Компьютер 7</p> <ul style="list-style-type: none"> получил 19.16.25.10 >> 20.16.25.11 Тип: UDP сообщение пользователя <ul style="list-style-type: none"> Ethernet, отправитель: 01:8E:7B:22:15:F9 получатель: 01:E6:2F:F7:63:C0 IP пакет, отправитель: 19.16.25.10, получатель: 20.16.25.11 TTL 62 UDP, порт отправителя: 7777, порт получателя: 7777

Сначала пакет из K4 попал на маршрутизатор 1, который не соединен с подсетью 3. Тот перенаправил пакет на маршрутизатор 2, который уже имеет соединение с 3 подсетью. Далее пакет направился к компьютеру-получателю.

TCP:



Имеем аналогичную ситуацию по маршрутам. Отличие только в процессе тройного рукопожатия.

Сеть с тремя маршрутизаторами

Преимущества и недостатки вариантов

Вариант	Преимущества	Недостатки
ВЗ	<ul style="list-style-type: none">* Существует два маршрута доставки пакетов* Надежность в случае выхода одного маршрутизатора из строя	<ul style="list-style-type: none">* Каждый маршрутизатор циклически связан с двумя подсетями, что может порождать дублирование информации (ARP таблиц)* При прохождении пакета по другому пути пакет проходит через подсеть, что в

		нашем случае может порождать дополнительную нагрузку * Не работоспособна с концентратором
B4	* Существует два маршрута доставки пакетов * Маршрутизаторы связаны друг с другом и только с одной подсетью	* Изолированность в случае выхода из строя маршрутизатора (или: 1,2,3)
B5	* Больше маршрутов доставки пакетов по сравнению с B4	* Сложнее чем B4 * Изолированность в случае выхода из строя маршрутизатора 1
B6	* Больше маршрутов доставки пакетов по сравнению с B4	* Маршрутизатор 3 в случае его активного использования может быть нагружен больше других маршрутизаторов * Изолированность в случае выхода из строя маршрутизатора (или 1, 3)

Помимо вышеперечисленных преимуществ и недостатков топологий, стоит отметить, что в случае выбора топологии B3, B5 или B6 возникнет проблема, что некоторые компьютеры будут подключены к двум маршрутизаторам одновременно, что приведёт к неоднозначности выбора шлюза по умолчанию и появлению дополнительной нагрузки на сеть.

Исходя из этого мой выбор пал на топологию B4, в которой вышеперечисленных проблем не возникает. Единственная трудность – это появление новых «подсетей» между маршрутизаторами, поэтому и придется добавлять в таблицу маршрутизации статические адреса.

Построенная конфигурация V4

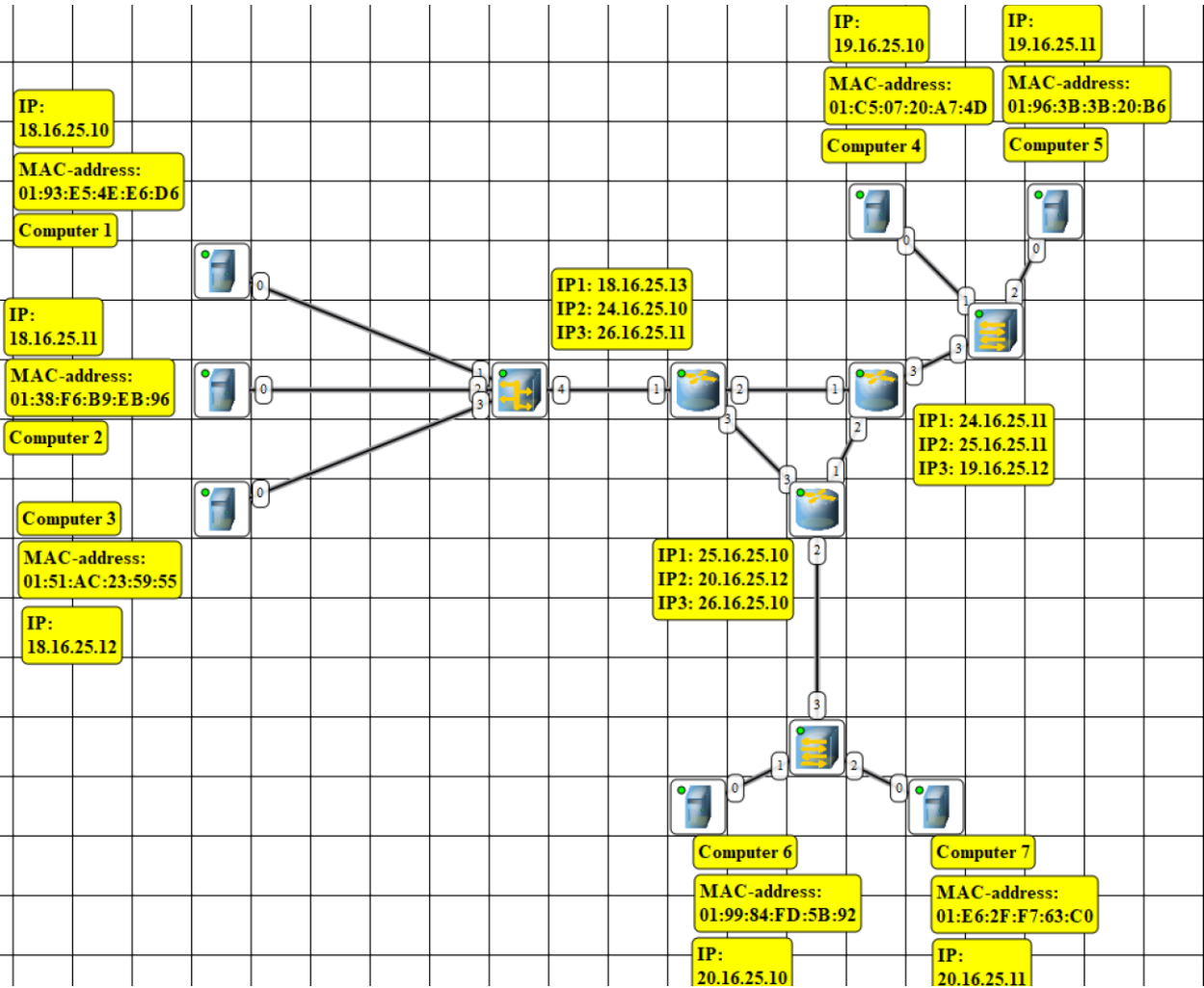


Рисунок 14 - Сеть с тремя маршрутизаторами

Таблица маршрутизации						
	Адрес назначения	Маска	Шлюз	Интерфейс	Метрика	Источник
1	18.0.0.0	255.0.0.0	18.16.25.13	18.16.25.13	0	Подключена
2	19.0.0.0	255.0.0.0	24.16.25.11	24.16.25.10	0	Статическая
3	20.0.0.0	255.0.0.0	26.16.25.10	26.16.25.11	0	Статическая
4	24.0.0.0	255.0.0.0	24.16.25.10	24.16.25.10	0	Подключена
5	26.0.0.0	255.0.0.0	26.16.25.11	26.16.25.11	0	Подключена
6	0.0.0.0	0.0.0.0	19.16.25.13	19.16.25.12	0	Статическая

Рисунок 15 - Таблица маршрутизации M1

	Адрес назначения	Маска	Шлюз	Интерфейс	Метрика	Источник
1	18.0.0.0	255.0.0.0	26.16.25.11	26.16.25.10	0	Статическая
2	19.0.0.0	255.0.0.0	25.16.25.11	25.16.25.10	0	Статическая
3	20.0.0.0	255.0.0.0	20.16.25.12	20.16.25.12	0	Подключена
4	25.0.0.0	255.0.0.0	25.16.25.10	25.16.25.10	0	Подключена
5	26.0.0.0	255.0.0.0	26.16.25.10	26.16.25.10	0	Подключена

Рисунок 16 - Таблица маршрутизации M2

	Адрес назначения	Маска	Шлюз	Интерфейс	Метрика	Источник
1	18.0.0.0	255.0.0.0	24.16.25.10	24.16.25.11	0	Статическая
2	19.0.0.0	255.0.0.0	19.16.25.12	19.16.25.12	0	Подключена
3	20.0.0.0	255.0.0.0	25.16.25.10	25.16.25.11	0	Статическая
4	24.0.0.0	255.0.0.0	24.16.25.11	24.16.25.11	0	Подключена
5	25.0.0.0	255.0.0.0	25.16.25.11	25.16.25.11	0	Подключена

Рисунок 17 - Таблица маршрутизации M3

Топология V4 была реализована, для этого потребовалось на каждом маршрутизаторе добавить статические записи, которые будут перенаправлять пакеты в нужные сети. Таблицы маршрутизации выглядят подобно двум предыдущим моделям за исключением того, что, так как маршрутизаторы соединены между собой, они составляют собой мнимую своеобразную подсеть -> нам нужна новая группа адресов для 3 дополнительных подсетей, 2 из которых для каждого маршрутизатора мы и наблюдаем в таблице маршрутизации.

Тестирование сети (отправка пакетов).

Компьютер 1	Маршрутизатор 1	Маршрутизатор 2	Компьютер 6
<p>Послал 18.16.25.10 -> 20.16.25.10 Тип: UDP сообщение пользователю</p> <p>Ethernet, отправитель: 0193.E3.4E.6D6 получатель: 01.3E.E3.26.34.49</p> <p>IP пакет, отправитель: 18.16.25.10, получатель: 20.16.25.10 TTL: 64</p> <p>UDP, порт отправителя: 7777, порт получателя: 7777</p>	<p>Получил 18.16.25.10 -> 20.16.25.10 Тип: UDP сообщение пользователю</p> <p>Ethernet, отправитель: 0193.E3.4E.6D6 получатель: 01.3E.E3.26.34.49</p> <p>IP пакет, отправитель: 18.16.25.10, получатель: 20.16.25.10 TTL: 64</p> <p>UDP, порт отправителя: 7777, порт получателя: 7777</p>	<p>Получил 18.16.25.10 -> 20.16.25.10 Тип: UDP сообщение пользователю</p> <p>Ethernet, отправитель: 01.34.16.3E.01.23 получатель: 01.B7.9...</p> <p>IP пакет, отправитель: 18.16.25.10, получатель: 20.16.25.10 TTL: 62</p> <p>UDP, порт отправителя: 7777, порт получателя: 7777</p>	<p>Получил 18.16.25.10 -> 20.16.25.10 Тип: UDP сообщение пользователю</p> <p>Ethernet, отправитель: 01.96.78.22.13.F9 получатель: 01.99.84.FD.5B.62</p> <p>IP пакет, отправитель: 18.16.25.10, получатель: 20.16.25.10 TTL: 62</p> <p>UDP, порт отправителя: 7777, порт получателя: 7777</p>

Рисунок 18 - Отправка UDP сообщения

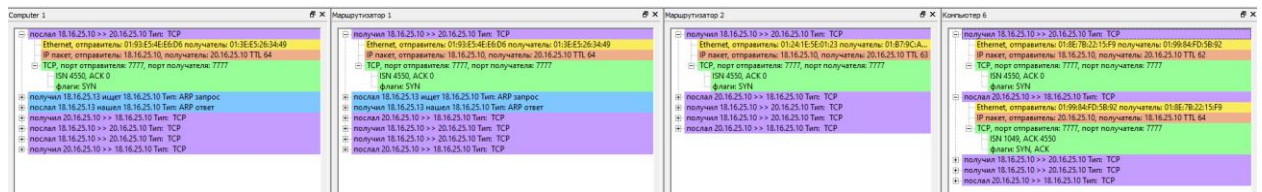


Рисунок 19 - Передача TCP сообщения

За счет того, что была выбрана наиболее подходящая топология, изменения в сети вносить не пришлось, добавив статические записи в таблицу маршрутизации и наладив взаимодействие двух маршрутизаторов друг с другом, нам удалось добиться доступности одной подсети другой -> передача по протоколам UDP и TCP осуществлялась корректно. Передача ничем принципиальным не отличается от предыдущих случаев, за исключением добавления + 1 уровня на пути к конечной подсети (за счет коммуникации двух маршрутизаторов).

Динамическая маршрутизация по протоколу RIP

Динамическая маршрутизация говорит, что маршруты в сети определяются автоматически с помощью протоколов маршрутизации.

Расстояние в RIP задается как количество промежуточных маршрутизаторов. Протокол извлекает информацию о новых сетях в сообщениях от соседей. Маршрутизаторы обмениваются сообщениями каждые 30 секунд, а если от маршрутизатора нет сообщения в течение 180 секунд, то он считается отказавшим.

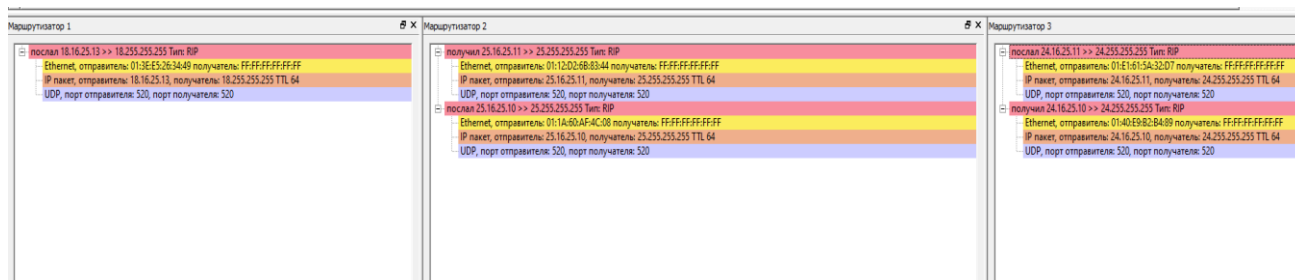
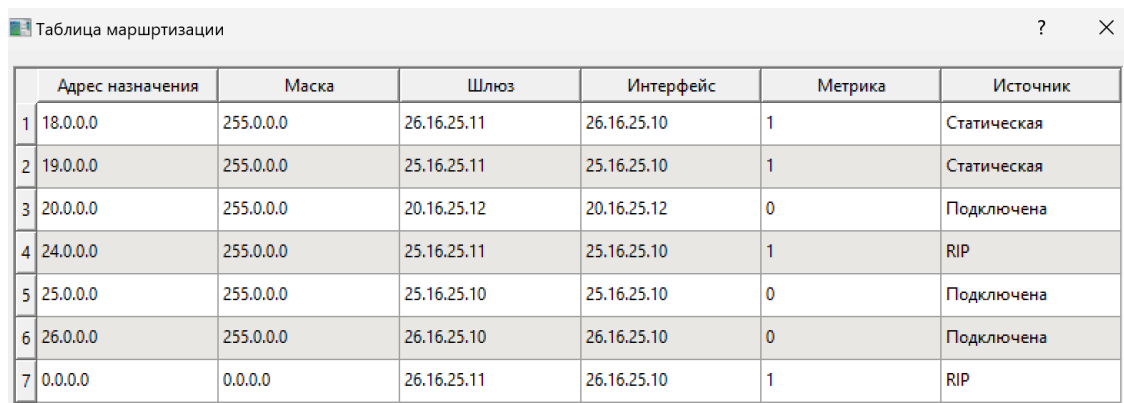


Рисунок 20: Сообщения протокола RIP между M1, M2 и M3

Как можно заметить, MAC адрес получателя является широковещательным. Рассылка происходит по всем интерфейсам маршрутизатора.



	Адрес назначения	Маска	Шлюз	Интерфейс	Метрика	Источник
1	18.0.0.0	255.0.0.0	26.16.25.11	26.16.25.10	1	Статическая
2	19.0.0.0	255.0.0.0	25.16.25.11	25.16.25.10	1	Статическая
3	20.0.0.0	255.0.0.0	20.16.25.12	20.16.25.12	0	Подключена
4	24.0.0.0	255.0.0.0	25.16.25.11	25.16.25.10	1	RIP
5	25.0.0.0	255.0.0.0	25.16.25.10	25.16.25.10	0	Подключена
6	26.0.0.0	255.0.0.0	26.16.25.10	26.16.25.10	0	Подключена
7	0.0.0.0	0.0.0.0	26.16.25.11	26.16.25.10	1	RIP

Рисунок 21: Таблица маршрутизации маршрутизатора 2

В таблице маршрутизации записи указаны верно. Кроме того, в отличие от заданных статических записей, протокол указал подсети между маршрутизаторами.

Удаление коммутатора сети привело к удалению записи маршрута до этой сети в маршрутизаторе. В результате удаления коммутатора сеть стала недоступна.

Автоматическое получение сетевых настроек по DHCP

По протоколу DHCP компьютерам предоставляются IP адреса по двум разным алгоритмам: статический (соответствие MAC адреса и IP адреса) или из выбранного пула. Здесь использовался пул адресов.

Адрес выдается на ограниченный срок (300 сек), при этом сервер DHCP должен находиться в одной подсети вместе с клиентом.

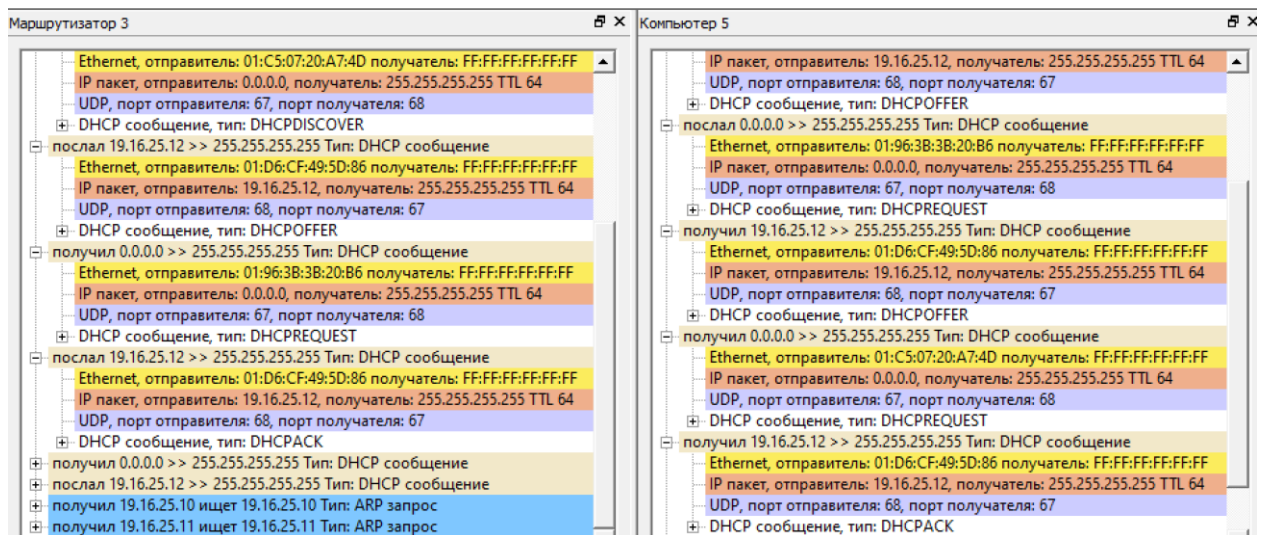


Рисунок 22 - Обмен DHCP сообщениями

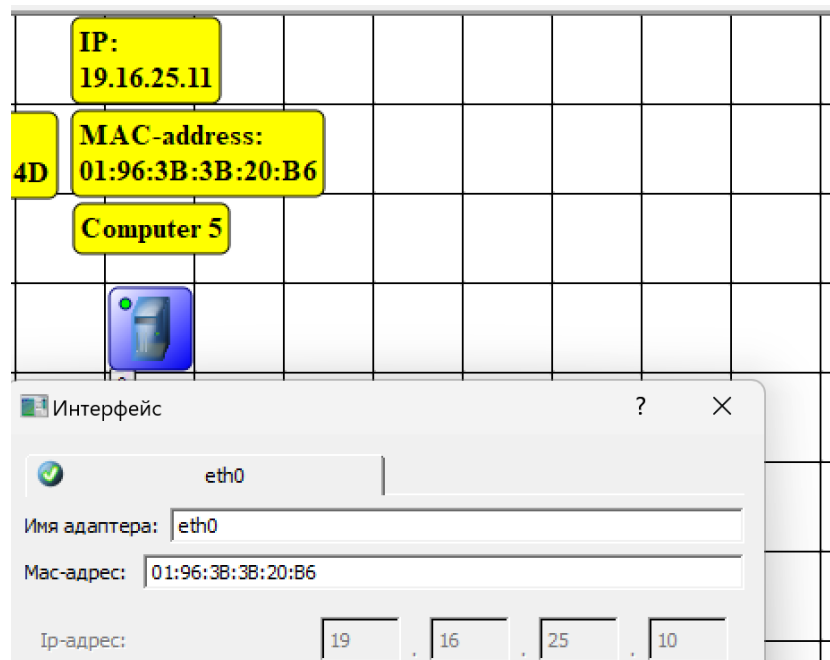


Рисунок 23 - IP адрес K5

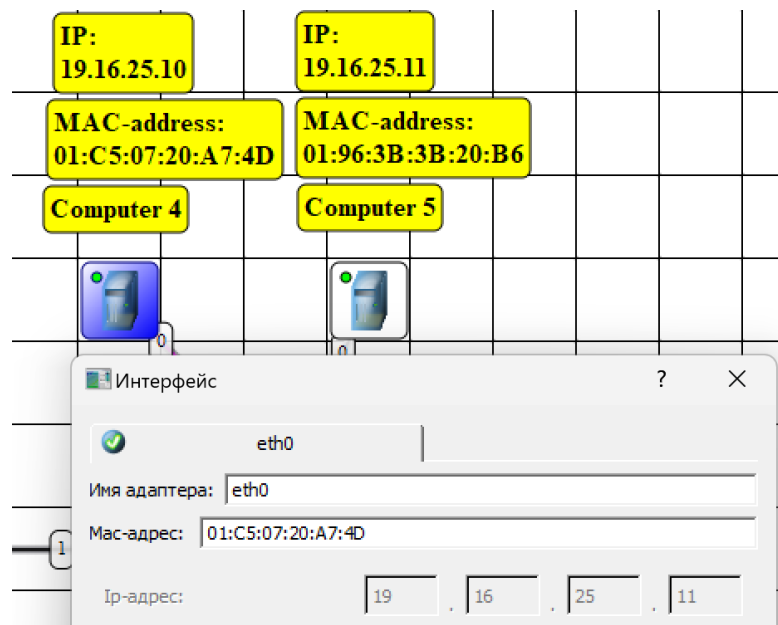


Рисунок 24 - IP адрес K4

Можем заметить, что IP адреса выставились автоматически. Отправка UDP и TCP сообщений работает корректно между всеми подсетями.

Выводы

В процессе выполнения ЛР были рассмотрены вопросы построения различных вариантов сетей, соединяя подсети и маршрутизаторы, изучены принципы работы маршрутизаторов и их настройка (редактирование таблицы маршрутизации).

Таблицы маршрутизации маршрутизаторов в первой части задавались статически, а затем при помощи протокола RIP, который по таблицам маршрутизации соседей добавляет записи в маршрутизатор с учетом кол-ва хопов. На смену данному протоколу пришел OSPF, так как RIP медленный, тяжеловесный и не учитывает пропускные способности каналов и другие параметры. Также его макс количество хопов равно 16, что не всегда достаточно.

Для выставления IP адресов сначала использовали статический принцип (задавание вручную), а затем с использованием протокола DHCP и установленных программам клиента и сервера. Данный вариант скорее

предпочтителен, если сеть часто меняется и в ней много компьютеров, однако могут возникать проблемы с изменением IP адресов компьютеров.